

Aus dem Anatomischen Institut der Universität Basel
Vorsteher: Prof. Dr. E. Ludwig

Zur funktionellen Struktur der Fascien

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Medizinischen Fakultät
der Universität Basel

vorgelegt von

Jürg Im Obersteg

von Basel



Basel 1948

Verlag von S. Karger in Basel

Von der medizinischen Fakultät Basel genehmigt auf Antrag
von Herrn Prof. Dr. G. Wolf-Heidegger.

Tag der Promotion: 26. Januar 1945.

Aus dem Anatomischen Institut der Universität Basel
Vorsteher: Prof. Dr. E. Ludwig

Zur funktionellen Struktur der Fascien

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Medizinischen Fakultät
der Universität Basel

vorgelegt von

Jürg Im Obersteg

von Basel



Basel 1948

Verlag von S. Karger in Basel

Von der medizinischen Fakultät Basel genehmigt auf Antrag
von Herrn Prof. Dr. G. Wolf-Heidegger.

Tag der Promotion: 26. Januar 1945.



ZUR FUNKTIONELLEN STRUKTUR DER FASCIEN¹⁾

von JÜRG IM OBERSTEG

1. Einleitung	147
2. Funktion und funktionelle Struktur der Fascien	150
3. Material und Untersuchungsart	151
4. Befunde und Besprechung der Befunde	155
5. Zusammenfassung	166
6. Literatur	170

1. Einleitung.

In der klassischen Schilderung der Fascienanatomie, wie sie uns, gestützt vor allem auf die Erkenntnisse *Galens* und *Vesals*, von *Caspar Bauhin* gegen Ende des 16. Jahrhunderts gegeben wird, finden wir die Fascie als „membrana, quae musculorum propria est et aliarum membranarum instar tenuius, nervosa fibrosaue, a fibris nervosis musculorum orta, musculis tenuissimis filamentis annectitur“.

Auf *Bauhin*, in der zweiten Hälfte des 17. und im 18. Jahrhundert, folgte eine Zeit der genauen Beobachtung des Einzelnen, der Richtigstellung und präzisieren Beschreibung, die sich auch der Fascienanatomie annahm. So spricht *Winslow* 1732 in seinem weitverbreiteten Handbuch bei der Behandlung der ²⁾ „Membrane très-forte et comme ligamenteuse, tenduë sur plusieurs Muscles en manière d'Enveloppe et de Sangle“ bereits von „plusieurs Plans de Fibres blanchâtres plus ou moins luisantes et fermes, qui se croisent“.

Unter neuen Gesichtspunkten und Ideen, deren es bedurfte, um die Vielfalt der Erkenntnisse in der Anatomie der vergangenen Jahrhunderte zu ordnen, stellte *Bichat* Ende des 18. Jahrhunderts seine 21 Elemente auf und erfaßte in ihrem Rahmen als erster systematisch auch die Fascien, indem er sie in sein Fasersystem einreichte. *Bichats* Einheiten setzten sich zwar nicht durch, doch war mit ihnen der Anstoß zur Entwicklung der Gewebelehre gegeben, die den Fascien später ihren

¹⁾ Die Arbeit wurde auf Anregung und unter der Leitung von Prof. Dr. med. et phil. G. Wolf-Heidegger durchgeführt.

²⁾ In der Übersetzung von *Albinus* (1754) lautet diese Stelle: „sehr starken und gleichsam sennichten Haut, welche über viele Mäuse auf die Art wie ein Umschlag oder Gürtel gespannt ist.... vielen Breiten von weißlichen, mehr oder weniger glänzenden und festen Fäsern, die sich kreuzen“.

Platz als besondere Form des Bindegewebes zugewiesen hat. – In der Folge wurde der Fascienpräparation und -beschreibung von französischen und deutschen Autoren (*Sömmering* 1800, *Meckel d. J.* 1815, *Cloquet* 1825, *Cruveilhier* 1843) große Aufmerksamkeit geschenkt und die Tatsache festgestellt: „Ces aponévroses¹⁾ sont composées de plusieurs plans superposés, dont les fibres s'entrecroisent tantôt à l'angle droit, tantôt à l'angle aigu“ (*Cruveilhier* 1843).

Aus dem Bedürfnis, weitere Ordnung in die Mannigfaltigkeit der Erscheinungsformen zu bringen und die Anatomie zu vervollkommen, indem man ihre Tatsachen, höheren Gesichtspunkten untergeordnet, in gesetzmäßigem Zusammenhang erscheinen ließ, ging man von der bis jetzt rein analytisch betrachtenden Form der Forschung ab. So entstand im Laufe des 19. Jahrhunderts neben der deskriptiven Morphologie, der vergleichenden Anatomie und der Zellenlehre, neben Begriffen wie denen des Histosystems und der Enkapsis, die *Lehre von den funktionellen Systemen*. Auch das Bindegewebe und die Fascien im speziellen wurden einer funktionellen Fragestellung unterworfen. Freilich gingen die Meinungen hier teilweise stark auseinander.

Wohl im Zusammenhang mit der Beanspruchung der Fascien als Muskelbinden in querrer Richtung einerseits und ihrer Zugbeanspruchung bei Gelenkbewegungen in der Längsrichtung andererseits, hatte die Ansicht Fuß gefasst, daß die Fascienfasern meist senkrecht zu einander orientiert und daß ihre Kreuzungen daher rechtwinklige seien (*Roux* 1895, *Strasser* 1917). *Triepel* (1908) hat diese Anschauung widerlegt, indem er auf die überwiegend spitzwinklige Kreuzung der Fascienfasern hinwies und damit die Beschreibung *Cruveilhiers* bestätigte. Allein, die These von der rechtwinkligen Kreuzung der Fascienfasern, oder doch vom Überwiegen derselben, hatte in den gebräuchlichsten Lehrbüchern Aufnahme gefunden und läßt sich bis in die neuesten Auflagen hinein verfolgen. Andere Autoren unterlassen es, über die Struktur dieser Bildungen überhaupt genauere Angaben zu machen.

Und doch kann man sich von dem Verlauf der Fascienfasern schon bei der gewöhnlichen Seziersaalpräparation von bloßem Auge, viel besser jedoch mit der Lupe, überzeugen: Die Fascienfasern verlaufen schräg zur Zugrichtung des Muskels und kreuzen einander mit

¹⁾ Wie *Häggqvist* (1931) feststellt, hat das Wort „Fascia“ in der deutschen, englischen und skandinavischen Literatur teils die Bindegewebshülle bezeichnet, welche die einzelnen Muskeln bekleidet, teils wurde es auch für die fibrösen Bindegewebsmassen benützt, welche dem Muskel als Ursprung dienen. Das Wort „Aponévrose“ wurde in diesen Ländern in großer Ausdehnung in gleicher Weise verwendet. Die französische Literatur dagegen unterscheidet schon seit Bichats Zeiten „Aponévroses d'insertion“ und „Aponévroses d'enveloppes ou de contention“. – In dieser Arbeit wird das Wort „Fascie“, wie dies in der deutschsprachigen Literatur in der Regel geschieht, für die Bindegewebshülle der Muskeln angewendet, entsprechend also den „Aponévroses d'enveloppes“ der Franzosen.

nach proximal und distal offenen, spitzen Winkeln. Daß dieses Grundprinzip noch nicht einheitlich erkannt und geschildert wird, liegt wohl zum großen Teil in der heutigen, meist auf grobmakroskopischer Betrachtung oder auf mikroskopischen Schnittpreparaten fußenden Untersuchungstechnik begründet. Beide vermögen Gebilde von der Größenordnung der Fascienfasern nicht zu erfassen, und so fallen diese – sozusagen zwischen makroskopischer und mikroskopischer Anatomie stehend – in „das Reich der vernachlässigten Dimensionen“ (Ostwald 1919, Petersen 1932). Allerdings mag auch die Unklarheit über die funktionelle Bedingtheit der Fascienstruktur oder das mangelnde Interesse an der Erforschung ihrer Form und Funktion bei diesem Mißstand eine Rolle spielen.

Feneis (1933) und Voss (1937) haben vor allem unter dem Einfluß der Gedankengänge Benninghoffs als erste angenommen, daß den verschiedenen Faserrichtungen in den Fascien, sowie den spitzen, rechten und stumpfen Kreuzungswinkeln ihrer Fasersysteme eine funktionelle Bedeutung zukommt. Feneis (1934) befaßt sich mit der funktionellen Struktur des intramuskulären Bindegewebes und des Perimysiums. Er fügt jedoch bei, daß die gleichen funktionellen Strukturen, gewissermaßen in die nächsthöhere Größenordnung transponiert, auch um den Muskel und in seiner näheren Umgebung zu finden sein müßten. Eine genauere Bearbeitung dieser Bindegewebsschichten wird von Feneis im Schlußwort seiner Arbeit in Aussicht gestellt. Soviel wir aus der uns zur Verfügung stehenden Literatur ersehen konnten, ist jedoch im Laufe der letzten Jahre, außer der Voss'schen Arbeit, keine weitere Publikation erschienen, die unser Thema berührt.

Voss (1937) beschäftigt sich eingehend und ausschließlich mit der Fascie und der Haut des Oberschenkels. Er betrachtet die Fascien vor allem unter Berücksichtigung der Tatsache, daß sie an den Extremitäten auch als äußere Bandapparate der umhüllten Gelenke aufgefasst werden können. Demgemäß besitzt nach Voss die Fascia lata zur Freigabe der Abduktion im Hüftgelenk an ihrer medialen Seite keine Längsfasern, sondern ein Fasergitter, dessen Komponenten schräg zur Längsachse verlaufen und durch „Maschenverschiebung“, wie Voss sich ausdrückt, die starke Dehnung bei der Abduktion ermöglichen. Was er unter „Maschenverschiebung“ versteht, gibt Voss in seiner Arbeit nicht an. Um diese „Maschenverschiebung“ zu erleichtern, sei die Fascie in den medialen Partien stark verdünnt. Diese Verdünnung hat übrigens schon Bichat (1800) rein als anatomische Tatsache registriert, und kurze Zeit später schrieb F. Meckel (1815), mit seiner Ansicht in jener Zeit alleinstehend: „Die Muskelbinden haben nicht überall dieselbe Dicke. Diese steht nicht mit der Größe der darunter befindlichen Muskeln, sondern mit der größeren oder geringeren Freiheit, welche zur Vollziehung ihrer Bewegungen erfordert wird, in Beziehung“. In der Glutaealgegend sieht Voss zur Ermöglichung der Hüftbewegung eine andere Lösung, indem über dem Musculus gluteus maximus eine Fascie überhaupt fehle und nur lockeres Perimysium vorhanden sei. Am Oberschenkel wird durch den Tractus iliotibialis, der aus längs- und querverlaufenden Fasern besteht, die Adduktion wie durch ein äußeres Gelenkband gehemmt.

2. Funktion und funktionelle Struktur der Fascien.

Fragen wir nun ganz allgemein nach der Funktion der Fascien, der die Struktur dieser Gebilde angepaßt sein muß, so dürfte es klar sein, daß ihre Hauptaufgabe darin besteht „ut musculus tegendo contineat, alterum ab altero distinguat et a vicinibus partibus separet“ (*Bauhin* 1621), moderner formuliert: „daß Muskelluxationen verhindert und eine geregelte Tätigkeit und bestimmte Zugrichtung übereinander- und nebeneinander liegender Muskeln garantiert wird“ (*Fick* 1890). Die lange verbreitete Auffassung, daß die Fascie die Kraft der Muskelkontraktion erhöhe, ist von *Fick* (1890) in einleuchtender Weise widerlegt worden. Es wurde auch gezeigt, daß die Bindenfunktion der Fascie vor allem in der Ruhe von Wichtigkeit ist, da echte Muskelhernien besonders in der Erschlaffungsphase der Muskulatur, nicht in der Kontraktionsphase, vorzuquellen pflegen (*Lexer* und *Baus* 1910). Diese Bindenfunktion der Fascie darf aber nicht absolut sein, wie diejenige eines unelastischen, unachgiebigen Rohres; einmal nicht aus bewegungstechnischen Gründen, wie *Voss* am Beispiel der Fascia lata und des Tractus iliotibialis eindrücklich zeigt. Weiterhin, und darauf sei besonderes Gewicht gelegt, setzt die bei der Muskelkontraktion auftretende Verdickung gewisser Muskelpartien, wie sie uns am *M. biceps brachii* am bekanntesten ist, eine gewisse Nachgiebigkeit der Muskelbinde voraus, andernfalls müßte ja der Kontraktionsvorgang auf einer verfrühten Stufe gehemmt werden, oder es käme zur Entstehung eines Fascienrisses. Die von vornherein zu postulierende Nachgiebigkeit der Fascien könnte grundsätzlich entweder auf Elastizität oder auf einer besonderen Anordnung des Materials beruhen, oder aber auf beidem. Da es sich, wie wir noch sehen werden, bei dem Baumaterial der Fascien vorwiegend um straffes, kollagenes Bindegewebe handelt, und nur verhältnismäßig spärliche elastische Fasern an der Bildung des eigentlichen Fasciengewebes beteiligt sind, fällt die Möglichkeit des Nachgebens durch Materialelastizität dahin. Die Anpassungsfähigkeit der Fascien an örtlich umschriebene Querschnittsveränderungen des Muskels muß also durch entsprechende *spezifische Anordnung des an sich praktisch unelastischen Materials* bedingt sein. Diese besondere Anordnung liegt in der *Gitterstruktur* der Fascien begründet, deren in Schichten über einander geordnete Fasersysteme meistens *schräg zur Zugrichtung des Muskels* verlaufen, wie wir uns an verschiedenen Objekten immer wieder überzeugen konnten. In dieser Gitterstruktur erkennen wir das *Prinzip* der

Scherengitter. Die Tatsache ihres Vorhandenseins, das keineswegs auf die Oberschenkelfascie beschränkt ist, sondern auch an den andern Extremitätenfascien mit Leichtigkeit erkannt werden kann, legte uns die Vermutung nahe, daß nicht nur zur Freigabe der Bewegung in den an den betreffenden Gliedabschnitt angrenzenden Gelenken im Sinne von *Voss* eine „Maschenverschiebung“ der Fascienfasern stattfindet, sondern daß *ganz allgemein die Fascien-nachgiebigkeit gegenüber den Volumenschwankungen der umfaßten Muskelmassen auf Winkelverstellung* dieser *Scherengitterstrukturen* beruhen könnte. Unsere Aufgabe sahen wir darin, die Richtigkeit unserer Vermutung zu prüfen. Wir nahmen zu diesem Zwecke folgende Untersuchungen vor:

- a) Messung der Umfangsveränderungen des Unterschenkels in verschiedenen Querschnittsebenen beim Übergang vom Sohlenstand zum Zehenstand an muskelkräftigen, sportlich trainierten Individuen.
- b) Präparation der Oberflächenfascie der Wade und Analyse des Faserverlaufes in derselben.
- c) Mikroskopische Untersuchung und Feststellung des materialmäßigen Aufbaues der oberflächlichen Wadenfascie, insbesondere Ausfärbung ihres Anteiles an elastischen Fasern.
- d) Funktionsprüfung der Scherengitterstrukturen der Wadenfascie an der Leiche.
- e) Berechnung der Winkelveränderungen der Scherengitterstrukturen bei Umfangszunahme des Unterschenkels.

3. Material und Untersuchungsart.

- a) *Messung der Umfangsveränderungen des Unterschenkels von muskelkräftigen, sportlich trainierten Individuen in verschiedenen Querschnittsebenen beim Übergang vom Sohlenstand zum Zehenstand.*

Daß die bei der Muskelkontraktion auftretenden örtlichen Verdickungen, denen die umgebenden Fascien nachzugeben haben, nicht unbedeutend sind, zeigten uns Umfangsmessungen an verschiedenen Extremitätenabschnitten bei Teilnehmern und Teilnehmerinnen verschiedener Turnlehrerkurse in Basel. Bei diesen Erhebungen stellten sich der Oberarm und der Unterschenkel als die Stellen der sichtbarsten Volumen- beziehungsweise Umfangsveränderungen dar, so daß wir diesen besondere Aufmerksamkeit schenkten und eine Untersuchung gerade dieser Fascienregionen, vor allem der Wadenfascie, angezeigt erschien.

Zunächst prüften wir den Umfang des Unterschenkels von 50 Turnlehrern und 35 Turnlehrerinnen im Alter von 18–34 Jahren, einerseits in Sohlen- und andererseits in Zehenstand. Die Messungen wurden am stehenden Individuum ca. 5 cm

proximal und ca. 7 cm distal vom größten Wadenumfang vorgenommen. Diese Meßstellen wurden gewählt, da sie sich – von individuellen Schwankungen abgesehen – als die Orte der größten Umfangsveränderungen des Unterschenkels beim Übergang aus der normalen Fußhaltung zum Zehenstand erwiesen.

b) *Präparation der Oberflächenfascie der Wade und Analyse des Faserverlaufes in derselben.*

An den Leichen von 10 kräftigen, durch Unfall oder Selbstmord ad exitum gekommenen Männern verschiedenen Alters (32 bis 67 Jahre) wurde das oberflächliche Blatt der Fascia cruris über dem M. gastrocnemius freipräpariert. Äusserste Sorgfalt und Genauigkeit bei der Präparation erwiesen sich als Vorbedingung zur Erzielung gut sichtbarer, also zuverlässiger Resultate. Im Bereiche und in der Nähe des größten Wadenumfanges wurden dann die von den in übereinander liegenden Schichten angeordneten Fascienfasern gebildeten, nach proximal bzw. distal offenen Winkel, welche sich bei Lupenbetrachtung als besonders deutlich ausgeprägt erwiesen, mit einem Transporteur gemessen. Die Stellen, an denen die Messungen vorgenommen worden waren, wurden durch die Köpfe in die Muskulatur eingestoßener Stecknadeln bezeichnet, und dann wurde der zu jeder so markierten Stelle zugehörige Unterschenkelumfang gemessen.

c) *Mikroskopische Untersuchung und Feststellung des materialmäßigen Aufbaues der oberflächlichen Wadenfascie, insbesondere Ausfärbung ihres Anteiles an elastischen Fasern.*

Zur mikroskopischen Untersuchung wurden kleine Fascienstücke im Bereiche des größten Wadenumfanges in gedehntem und nicht gedehntem Zustand (s. S. 157) in situ durch Auflegen von in Susa getränkter Watte fixiert. Nach ausreichender Fixation wurden die Fascienstücke sorgfältig abpräpariert, in Susa weiterfixiert und nach Übertragung in Alkohol mit Hämatoxylin-Benzopurpurin oder Hämatoxylin-Orcein gefärbt. In Einzelfällen wurde an diesen Häutchenpräparaten ferner vorsichtig noch die eine oder andere Fasciensicht entfernt, um so insbesondere den Aufbau des lockeren, zwischen beiden Fasciensichten gelegenen Bindegewebes, wie auch denjenigen der lockeren Verschiebeschicht zwischen Fascie und Subcutis einerseits, beziehungsweise Fascie und Muskel andererseits genauer untersuchen zu können.

d) *Funktionsprüfung der Scherengitterstrukturen der Wadenfascie an der Leiche.*

Um die Scherengitterstrukturen in ihrer Funktion zu erfassen, war es nötig, die bei der physiologischen Muskelkontraktion auftretende Volumenzunahme gewisser Abschnitte der Extremitätenmuskulatur mit einfachen Mitteln nachzuahmen. Wir erzielten dies dadurch, daß wir in die Muskulatur, deren Fascie wir untersuchen wollten, unter Einstechen am proximalen und distalen Ende isotonische NaCl-Lösung bis zur völligen Anspannung der bedeckenden Fascie injizierten. Wir sind uns bewußt, daß diese Methode dem Vorgang der physiologischen Muskelkontraktion keineswegs gleichkommt. Bei der physiologischen Kontraktion bleibt bekanntlich das Volumen des Muskels als Ganzes praktisch konstant, indem sich der Muskel in dem Maße verkürzt, wie er sich verdickt. Was uns bei unserem Ver-

suche interessierte, war jedoch nicht die Kontraktion der Muskeln, sondern die Auswirkung einer Muskelverdickung auf das Scherengitter der umhüllenden Fascie.

Unser Vorgehen war im einzelnen folgendes: Nach Präparation des oberflächlichen Blattes der Fascia cruris und nach Winkelmessung und Bezeichnung in der Nähe des fraglichen Wadenumfanges (s. S. 160) wurde eine Injektion von isotonischer NaCl-Lösung in den M. Triceps surae vorgenommen. Wir verwendeten dazu eine 200 ccm fassende Metallspritze mit langer Nadel, die zur Injektion der einen Hälfte der Flüssigkeit am proximalen, zur Injektion der andern Hälfte am distalen Ende der Wadenmuskulatur tief eingestoßen wurde. Nach Injektion von ca. 400 ccm im ganzen war die Oberflächenfascie der Wade meistens maximal angespannt, und es erfolgte nun an den mit Stecknadeln bezeichneten Stellen erneute Winkel- und Umfangsmessung. In einem Falle wurde das gleiche Verfahren am *rechten Oberarm* der Leiche eines 67-jährigen Mannes angewendet.

e) *Berechnung der Winkelveränderungen der Scherengitterstrukturen bei Umfangszunahme des Unterschenkels¹⁾.*

Es lag nahe, den Versuch zu machen, die gemessenen Winkelveränderungen der durch die Fascienfasern gebildeten Scherengitterstrukturen nicht nur morphologisch, sondern auch mathematisch zu erfassen. Wir gingen dabei von dem Gedanken aus, daß ein an sich spindelförmiger Muskel oder ein von mehreren Muskeln gebildeter Gliedabschnitt nach dem Prinzip der Berechnung des Kreisumfanges in beliebig viele cylindrische Segmente aufgeteilt werden kann (siehe Abb. 1). Die Fascienfasern entsprechen dann Mantellinien von Cylindern und lassen sich, indem man den Cylindermantel in einer Ebene zu einer Fläche ausbreitet, als Gerade stereometrisch formulieren. Der Winkel, unter dem sich zwei solche Mantellinien nach einer Veränderung des Cylinderumfanges schneiden, läßt sich aus ihrem alten Kreuzungswinkel, dem alten und dem neuen Umfang des Cylinders, unter Annahme der Volumenskonstanz, nach folgender Formel berechnen:

u = alter Umfang

u' = neuer Umfang

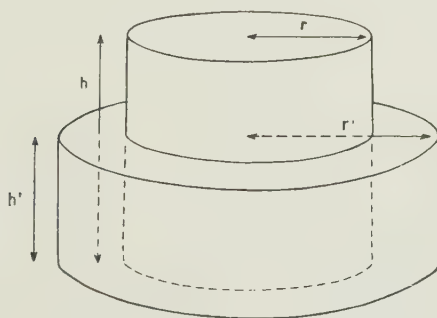


Abb. 1.

¹⁾ Herrn Dr. F. Blumer, Basel, bin ich für die sehr liebenswürdige Beratung und die Durchsicht der mathematischen Berechnungen sehr zu Dank verpflichtet.

Annahme: $V = V'$
 $II \ r^2 h = II \ r'^2 h'$
 $r^2 h = r'^2 h'$
 $h = \left(\frac{r'}{r} \right)^2$
 $u' = \frac{r'}{r} = c$
 $h = c^2$
 $h' = c^2$

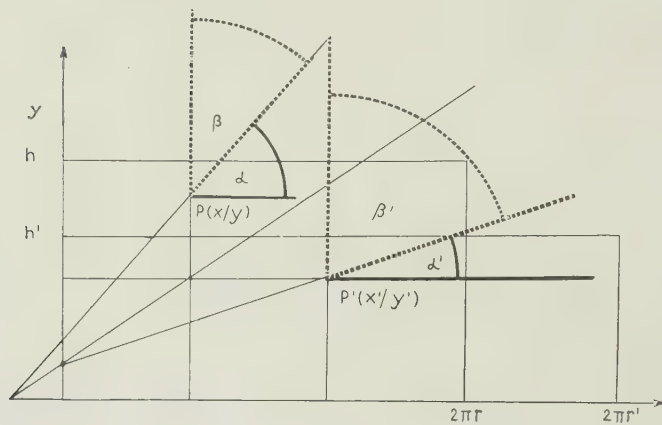


Abb. 2. Prinzip der affinen Transformation.

$$\begin{aligned} x:x' &= r:r' & x &= \frac{r}{r'} x' & x &= \frac{x'}{c} \\ y:y' &= h:h' & y &= \frac{h}{h'} y' & y &= c^2 y' \\ y &= mx + b & c^2 y' &= \frac{mx'}{c} + b & y' &= \frac{m}{c^3} x' + \frac{b}{c^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \operatorname{tg} \alpha & \frac{m}{c^3} &= \operatorname{tg} \alpha' \\ \operatorname{tg} \alpha' &= \frac{1}{c^3} \operatorname{tg} \alpha & \operatorname{tg} \beta' &= c^3 \operatorname{tg} \beta \end{aligned}$$

gesuchter Winkel $= 2 \beta'$

$$c = \frac{u'}{u} = \frac{\text{neuer Umfang}}{\text{alter Umfang}}$$

$$\beta = \frac{1}{2} \text{ alter Winkel}$$

4. Befunde und Besprechung der Befunde.

a) *Umfangsveränderungen des Unterschenkels muskelkräftiger, sportlich trainierter Individuen in verschiedenen Querschnittebenen beim Übergang vom Sohlenstand zum Zehenstand.*

Bei den Umfangsmessungen an den Unterschenkeln von 50 Teilnehmern und 35 Teilnehmerinnen an Turnlehrerkursen in Basel ergaben sich folgende Werte (arithmetisches Mittel):

Geschl.	Anzahl	Umfangsmaße in cm.				Umfangszunahme – bzw. Abnahme bei Zehenstand gegenüber Sohlenstand in cm.	
		Rechtes Bein		Linkes Bein		Rechtes Bein	Linkes Bein
		Sohlen stand	Zehen stand	Sohlen stand	Zehen stand		
M	50	Proximale				+0,59	+0,63
		Meßstelle	35,53	36,12	35,46	36,09	(E.M.+0,2/+1,5)
		Distale					
		Meßstelle	28,95	28,28	28,88	28,20	(E.M.—0,3/—1,5) (E.M.—0,3/—1,6)
F	35	Proximale				+0,66	+0,66
		Meßstelle	34,34	35,00	34,12	34,78	(E.M.+0,2/+1,5) (E.M.+0,2/+1,9)
		Distale					
		Meßstelle	28,69	27,71	28,77	27,79	(E.M.—0,3/—2,4) (E.M.—0,2/—1,7)

E.M. = Extrem-Maße

Aus diesen Ergebnissen ersehen wir, daß die Volumenverschiebungen der Muskelmassen im Bereiche des Unterschenkels schon bei einer nicht als maximal anzusprechenden Muskelkontraktion, wie sie diejenige bei Zehenstand darstellt, recht erhebliche sind. Eine beträchtliche Nachgiebigkeit der die Muskelmassen umgebenden Fascie ist daher unbedingt erforderlich.

b) *Darstellung der Oberflächenfascie der Wade und Analyse des Faserverlaufes in derselben.*

Die Präparation der Oberflächenfascie des Unterschenkels an unserem Leichenmaterial zeigte, daß die Fascie im Bereiche der Wade aus zwei kräftig ausgebildeten, sich kreuzenden Fasersystemen besteht (Abb. 3). Diese Fasersysteme verlaufen schräg zur Längsachse, das eine von cranial-lateral nach caudal-medial, das andere von cranial-medial nach caudal-lateral. Meistens überdeckt ein Fasersystem das andere, nur selten konnten wir eine Durchflechtung von Fascienfasern beobachten. Die noch proximal und distal

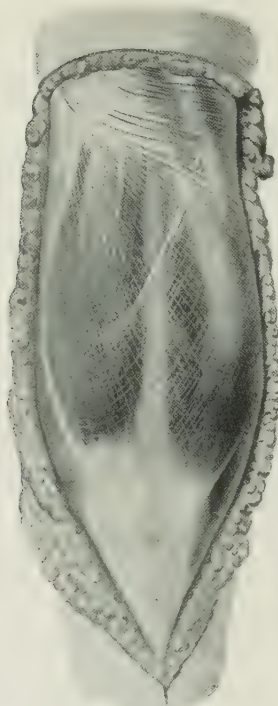


Abb. 3. Gesamtübersicht der Oberflächenfascie des linken Unterschenkels. Deutlich sind die beiden einander kreuzenden Fasersysteme zu erkennen. Die nach proximal und distal offenen Kreuzungswinkel sind spitz (halbschematisch).

offenen Winkel, unter denen sich die Fasern der beiden Systeme kreuzen, sind an der Wade der Leiche in der Regel spitze (Abb. 4, s. auch mikroskopischer Teil, Abb. 5–8).

Wir fanden Werte von 72° bis 88° , in einem Fall 90° . Einzig in Knienähe nehmen die von cranial-lateral nach caudal-medial verlaufenden und hier besonders kräftig ausgebildeten Fasern einen zur Längsachse der Extremität mehr queren Verlauf und bilden mit den sie kreuzenden Fasern oft stumpfe Winkel (Abb. 3). Der andere Verlauf und die starke Verdickung der Fascienfasern in dieser Region dürften durch eine besondere, außerhalb unserer Betrachtung liegende Funktion der Fascie in Kniehöhe bedingt sein; auf die Berücksichtigung dieses Teiles haben wir daher verzichtet.

c) *Mikroskopische Untersuchung des geweblichen Aufbaues und der Struktur der oberflächlichen Wadenfascie.*

Abb. 5 zeigt die kreuzenden Fasciensichten der oberflächlichen Wadenfascie im Bereiche des größten Unterschenkel-Um-

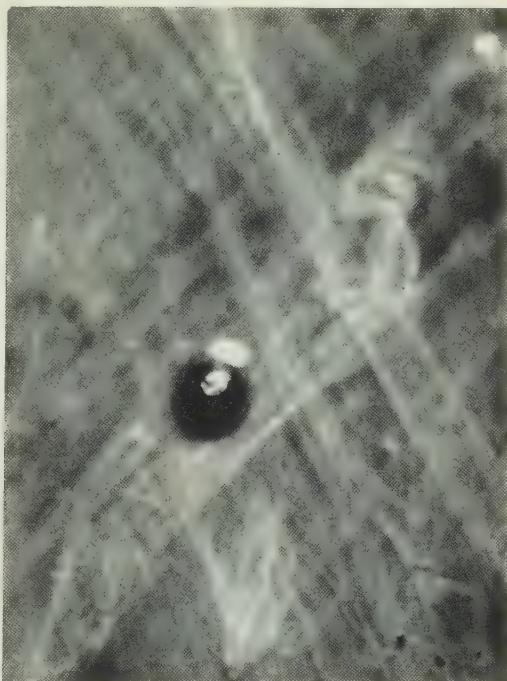


Abb. 4. Detailaufnahme der Faserkreuzungen in der Oberflächenfascie des Unterschenkels. Aufnahme in situ im Bereiche des größten Wadenumfanges. Fall 6. Vergr. 1 : 7,5.

fanges bei einem erwachsenen männlichen Individuum. Der Winkelwert von ca. 70-75° ergibt ein Bild, das den Befunden auf Abb. 4 durchaus entspricht.

Die folgende Abb. 6 zeigt ein entsprechendes Fascienstück, vor dessen Abpräparation eine Injektion von 400 ccm isotonischer NaCl-Lösung (s. Experimentalbefunde S. 160) in die von der Fascie umfaßte Muskulatur des Unterschenkels vorgenommen wurde. Die durch diese Flüssigkeitsaufnahme bedingte Umfangsvermehrung des Unterschenkels hat eine Verstellung des Scherengitterwinkels auf ca. 90° zur Folge gehabt.

Abb. 7, bei der in der Reihenfolge von links unten nach rechts oben in Treppenform 1. ein Subcutisbezirk, 2. die oberflächliche Fascienlage und 3. die tiefe Fascienlage zu erkennen sind, zeigt deutlich, daß beide Fascienlagen völlig getrennte Schichten darstellen, die durch ein lockeres „interlamelläres Bindegewebe“ voneinander getrennt werden.

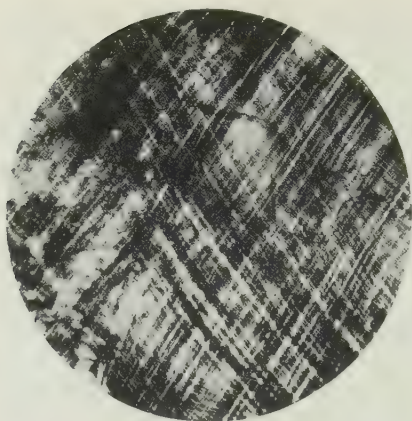


Abb. 5. Häutchenpräparat der oberflächlichen Wadenfascie eines erwachsenen männlichen Individuums. Färbung: Hämatoxylin-Benzopurpurin. Vergr. 12 $\times$.

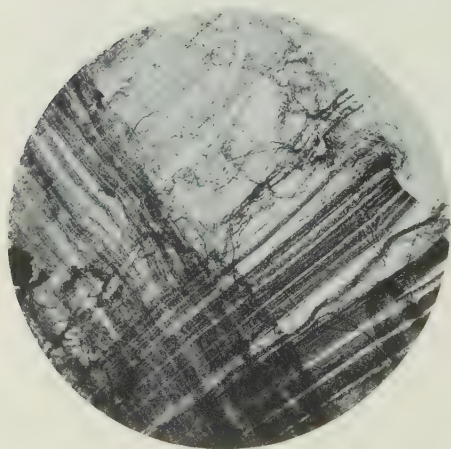


Abb. 6. Häutchenpräparat der oberflächlichen Wadenfascie eines erwachsenen männlichen Individuums nach der Injektion von 400 ccm isotonischer NaCl-Lösung in die Unterschenkelmuskulatur. Färbung: Hämatoxylin-Benzopurpurin. Vergr. 18 $\times$.

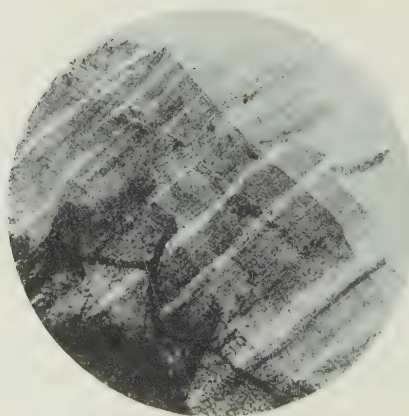
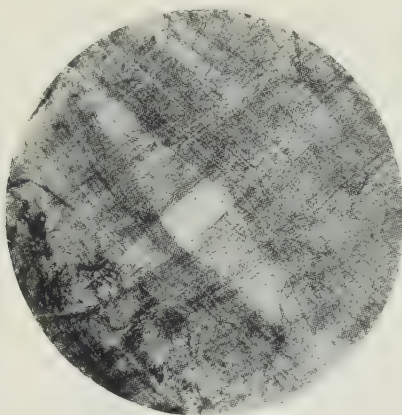


Abb. 7. Häutchenpräparat der oberflächlichen Wadenfascie eines erwachsenen männlichen Individuums. Präparation der Schichten in Treppenform. Links unten Subcutangewebe, in der Mitte die oberflächliche und rechts oben die tiefe Faserlage der Fascie. Färbung: Hämatoxylin-Benzopurpurin.

Vergr. 16 $\times$.

Abb. 8. Häutchenpräparat der oberflächlichen Wadenfascie eines erwachsenen männlichen Individuums nach der Injektion von 400 ccm isotonischer NaCl-Lösung. Färbung: Hämatoxylin-Benzopurin. Vergr. 12 $\times$.



Auf Abb. 8, auf welcher die Einstichstelle der Lokalisationsnadel (s. Experimentalbefunde S. 160) in der Mitte des Gesichtsfeldes zu erkennen ist, zeigt ebenfalls die beiden Schichten bei einem Scherengitterwinkel von ca. 90° nach der Injektion von 400 ccm isotonischer NaCl-Lösung.

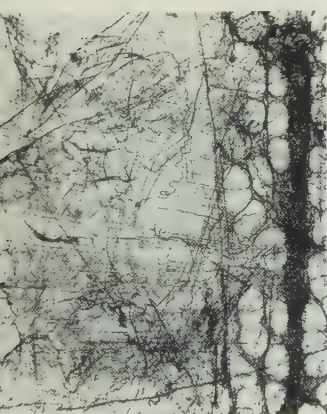


Abb. 9.

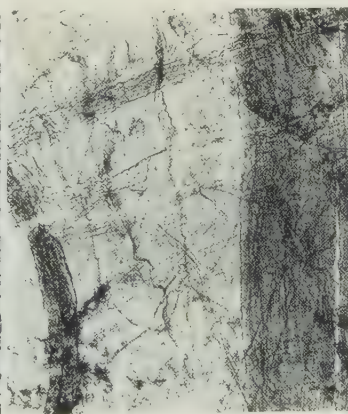


Abb. 10.

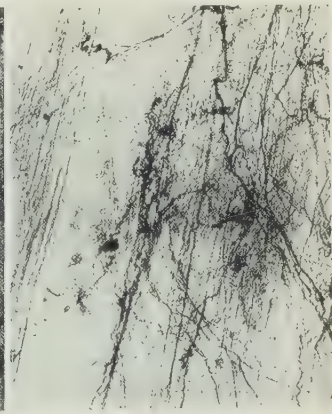


Abb. 11.

Abb. 9. Elastisches Material in der lockeren Grenzschrift zwischen Subcutis und Fascie (am rechten Bildrand ist ein Streifen Subcutis erhalten). Abb. 10. Elastisches Material im lockeren „interlamellären“ Bindegewebe zwischen den beiden Fascienlagen (am rechten Gesichtsfeldrand ist ein Streifen der oberflächlichen Fascienlage erhalten). Abb. 11. Elastisches Material in der lockeren Grenzschrift zwischen tiefer Fascienlage und Muskulatur (Perimysium). Färbung der Abb. 9–11: Hämatoxylin-Orcein. Vergr. 55 $\times$.

Elastisches Material ist in den beiden Fascienlagen sozusagen keines anzutreffen. Dagegen finden sich ansehnliche elastische Fasernetze in der lockeren Grenzschicht zwischen Subcutis und Fascie (Abb. 9), in der ebenfalls locker gebauten sehr dünnen Lage von „interlamellärem Bindegewebe“ zwischen beiden Fascienschichten (Abb. 10) und schließlich in der Grenzschicht zwischen tiefer Fascienlage und Muskulatur (Perimysium, siehe Abb. 11). Eine bestimmte Anordnung der elastischen Fasern in diesen Schichten war nicht ersichtlich. Da unsere Präparate nur durch Lösung und Durchtrennung des Gewebes im Bereiche der Grenzschichten hergestellt werden konnten, war eine weitgehende Verzerrung und Verschiebung der Lagerung der elastischen Fasern nicht zu vermeiden, sodaß sie auch aus diesem Grunde nur qualitativ erfaßt werden konnten, während von einer Lagerungslokalisation abgesehen werden mußte.

d) *Funktionsprüfung der Scherengitterstrukturen der Wadenfascie an der Leiche.*

Die Injektion von ca. 400 ccm isotonischer NaCl-Lösung führte bei unseren Versuchen zu einer Umfangszunahme in der Gegend des größten Wadenumfanges von ca. 2 bis 3 cm. Zugleich mit dieser Umfangszunahme stellte sich eine oft schon mit bloßem Auge sicht-

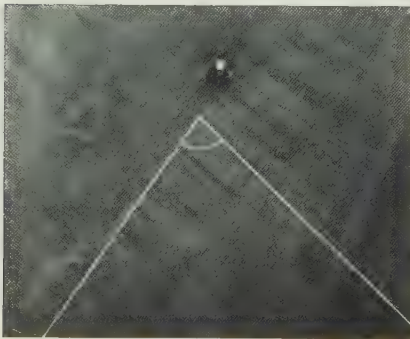


Abb. 12 a.

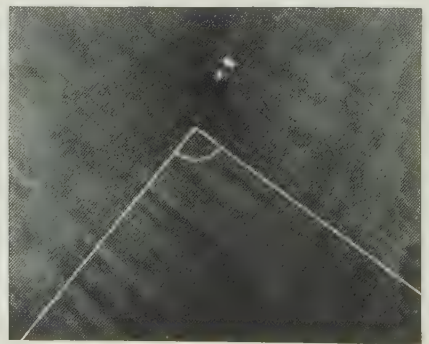


Abb. 12 b.

Abb. 12 a. Detailaufnahme der Fascienfaserkreuzungen im Bereiche des größten Wadenumfanges *vor* Anspannung der Fascie. Größe des von den Fasern gebildeten, nach distal offenen Winkels 80°. Fall 7 links. Aufnahme in situ. Vergr. 1 : 3.
Abb. 12 b. Detailaufnahme derselben Fascienfaserkreuzungen bei maximaler Anspannung der Fascie durch Injektion der Wadenmuskulatur mit physiol. NaCl-Lösung. Größe des von den Fasern gebildeten Winkels 92° 30'. Aufnahme in situ. Vergr. 1 : 3.

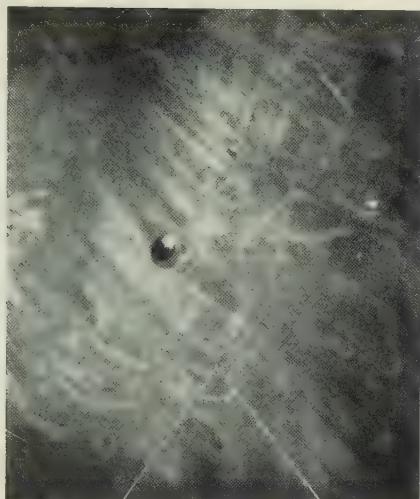


Abb. 13 a.



Abb. 13 b.

Abb. 13 a. Detailaufnahme der Fascienfaserkreuzungen 2 cm cranial vom größten Wadenumfang vor Anspannung der Fascie. Größe des von den Fasern gebildeten, nach distal offenen Winkels 74° . Fall 7 links. Aufnahme in situ. Vergr. 1 : 3,5. Abb. 13 b. Detailaufnahme der gleichen Fascienfaserkreuzungen bei maximaler Anspannung der Fascie durch Injektion der Wadenmuskulatur mit physiol. NaCl-Lösung. Größe des von den Fasern gebildeten Winkels 86° . Aufnahme in situ. Vergr. 1 : 3,5.

bare Vergrößerung der von den Fascienfasern gebildeten proximo-distalen Winkel um $5-13^{\circ}$ ein. Diese Winkelvergrößerung konnten wir nicht etwa nur im Häutchenpräparat, sondern *in situ* deutlich photographisch festhalten (Abb. 12 a+b sowie 13 a+b). – Die Umfangsmessungen und Bestimmungen des proximo-distalen Winkel im Bereiche des größten Unterschenkelumfanges vor und nach Injektion ergaben im einzelnen folgende Werte:

	Umfang v. d. Inj. in cm	Umfang n. d. Inj.	Zunahme	Winkel v. d. Inj.	Winkel n. d. Inj.	Zunahme
1. 46 j.						
re	35	37	2	83°	89°	6°
li	34	36,5	2,5	72°	82°	10°
2. 67 j.						
re	32,5	35	2,5	81°	90°	9°
li	32	34,5	2,5	78°	88°	10°

	Umfang v. d. Inj. in cm	Umfang n. d. Inj.	Zunahme	Winkel v. d. Inj.	Winkel n. d. Inj.	Zunahme
3. 63 j.						
re						
2 cm prox.	32,5	34,5	2,0	88°	96°	8°
größt. Umfang	32,5	34,5	2,0	81°	89°	8°
2 cm dist.	32,0	34,0	2,0	84°	92°	8°
li						
2 cm prox.	33,0	35,5	2,5	88°	98°	10°
größt. Umfang	33,0	35,5	2,5	81°	90°	9°
2 cm dist.	32,5	35,0	2,5	83°	93°	10°
4. 47 j.						
re						
6 cm prox.	34,5	38,5	4,0	74°	79°	5°
größt. Umfang	37,0	39,0	2,0	77°	83°	6°
5 cm dist.	32,5	34,0	1,5	77°	82°	5°
li						
6 cm prox.	35,0	39,5	4,5	74°	81°	11°
2 cm prox.	37,5	40,0	2,5	74°	82°	12°
größt. Umfang	37,5	40,0	2,5	81°	90°	9°
4 cm dist.	35,0	37,5	2,5	72°	81°	9°
5. 32 j.						
re						
6 cm prox.	36,5	39,5	3,0	123°	127°	4°
größt. Umfang	39,0	41,0	2,0	86°	91°	5°
2 cm dist.	38,0	40,5	2,5	88°	96°	8°
li						
6 cm prox.	36,0	42,0	6,0	103°	105°	2°
größt. Umfang	38,5	41,0	2,5	70°	80°	10°
6. 61 j.						
li						
3 cm prox.	34,0	36,0	2,0	70°	77°	7°
größt. Umfang	34,5	37,0	3,0	74°	82°	8°
7. 38 j.						
re						
größt. Umfang	32,0	35,0	3,0	88°	100°	12°
6 cm dist.	27,0	29,0	2,0	88°	97°	9°
li						
2 cm prox.	31,0	34,0	3,0	74°	86°	12°
größt. Umfang	31,0	34,0	3,0	80°	92°30'	12°30'
8. 36 j.						
re						
4 cm prox.	31,0	34,0	3,0	90°	103°	13°
größt. Umfang	31,5	35,0	3,5	84°	97°	13°
3 cm dist.	30,0	33,0	3,0	84°	96°	12°

	Umfang v. d. Inj. in cm	Umfang n. d. Inj.	Zunahme	Winkel v. d. Inj.	Winkel n. d. Inj.	Zunahme
<i>9. 48 j.</i>						
re						
4 cm prox.	33,5	36,0	2,5	77°	85°	8°
größt. Umfang	34,0	37,0	3,0	79°	91°	12°
3 cm dist.	31,0	34,0	3,0	81°	93°	12°
li						
4 cm prox.	33,0	35,5	2,5	83°	92°	9°
größt. Umfang	33,5	36,5	3,0	75°	86°	11°
3 cm dist.	31,0	34,0	3,0	78°	89°	11°
<i>10. 33 j.</i>						
re						
4 cm prox.	30,5	33,0	2,5	86°	96°	10°
größt. Umfang	32,0	35,0	3,0	84°	95°	11°
3 cm dist.	30,5	33,0	2,5	77°	88°	11°
li						
4 cm prox.	30,0	32,5	2,5	87°	97°	10°
größt. Umfang	31,5	34,5	3,0	83°	94°	11°
3 cm dist.	30,0	33,0	3,0	80°	94°	14°
<i>67 j. Oberarm</i>						
re						
5 cm prox.	31,0	32,0	1,0	70°	73°	3°
größt. Umfang	27,5	31,0	3,5	73°	91°	18°
5 cm dist.	24,0	26,0	2,0	87°	97°	10°

Die Umfangszunahme in der Gegend des größten Wadenumfanges bis zu maximaler Anspannung der Fascie beträgt bei unserer Injektionsmethode in den meisten Fällen 2–3 cm. Wenn auch bei unseren Messungen an Lebenden der Zuwachs des Umfanges durchschnittlich nur 0,6 cm beträgt, so haben wir doch auch dort, bei gewöhnlichem Zehenstand, Maximalwerte von 1,5 cm Umfangszunahme bei männlichen und 1,9 cm Umfangszunahme bei weiblichen Individuen gefunden, was unseren experimentellen Werten einigermaßen nahe kommt. Die Winkelveränderungen in unserer Versuchsreihe bewegen sich im Bereiche des größten Unterschenkelumfanges zwischen 5° und 13°, wobei häufig (siehe vorstehende Tabelle) schon bei einer Umfangersvermehrung um nur 2 cm eine Winkelzunahme von 8° festzustellen war. An dem untersuchten Oberarm ergab sich bei einer Verdickung um 2 cm sogar eine Vergrößerung des Faserwinkels um 10°. Der Schluß erscheint uns berechtigt,

daß auch bei der physiologischen Muskelkontraktion – auch wenn die Werte nicht so hoch liegen wie in unserer Versuchsreihe – erhebliche Winkelveränderungen in den Scherengittern der Fascien stattfinden müssen.

e) Berechnung der Winkelveränderungen der Scherengitterstrukturen bei Umfangszunahme des Unterschenkels.

Unsere Methode der Injektion von ca. 400 ccm isotonischer NaCl-Lösung gibt zu dem berechtigten Einwand Anlaß, daß das Volumen des betreffenden Abschnittes stark verändert und daß damit die Gültigkeit der auf Volumenkonstanz basierenden Formel zur Winkelberechnung für unsere Versuchsanordnung in Frage gestellt sei. Was geschieht nun aber mit unserer Injektionsflüssigkeit? Ein Teil davon vermehrt Volumen und Umfang des Muskelbauches bis zu der von der Fascie gesteckten Grenze, ähnlich dem Muskel„zuwachs“ dieser Stelle bei maximaler physiologischer Kontraktion. Der restliche Teil der Flüssigkeit wird in die sehnennahen Partien, die bei der physiologischen Muskelkontraktion an Volumen abnehmen, einfließen. Teilen wir einen Gliedabschnitt von der Stelle seines größten Umfanges bis zur Gegend seines distalen oder proximalen Gelenkes in Zonen ein, so wird bei unserer Versuchsanordnung die vom Muskelbauch entfernteste Stelle die falschesten Resultate liefern. Je näher wir jedoch der Stelle des größten Umfanges des Gliedabschnittes kommen – und diese und ihre nähere Umgebung sind es, die unser Interesse besonders beanspruchen –, umso kleiner wird der von uns begangene Fehler. Er darf daher, unter Hinweis auf die Unvollkommenheit der Versuchsanordnung und unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Scherengitterstrukturen des Fasciennetzes keine starren Gebilde sind, und daß eine Facienfaser nicht über die ganze Länge eines Gliedabschnittes verläuft, übersehen werden. – Von diesen Erwägungen ausgehend führten wir die Berechnungen der Winkel durch, und es ergab sich, wie zu erwarten war, daß die errechneten Winkelwerte in auffälliger Weise mit den durch das Experiment gefundenen Werten übereinstimmen, daß dies jedoch nur dann der Fall war, wenn die gemessenen Stellen in Nähe des größten Umfanges des untersuchten Gliedabschnittes lagen. Die Differenz zwischen errechnetem und im Experiment durch Injektion gefundenem Winkel betrug an diesen Stellen fast konstant 2 bis 4°:

	Winkel nach Injekt.	berechneter Winkel	Differenz
1. 46 j.			
re	89°	92°34'	3°34'
li	82°	83°42'	1°42'
2. 67 j.			
re	90°	93°42'	3°42'
li	88°	90°50'	2°50'
3. 63 j.			
re			
2 cm prox.	96°	98°12'	2°12'
größter Umfang	89°	91°12'	2°12'
2 cm dist.	92°	94°24'	2°24'
li			
2 cm prox.	98°	100°40'	2°40'
größter Umfang	90°	93°38'	3°38'
2 cm dist.	93°	95°44'	2°44'
4. 47 j.			
re			
6 cm prox.	79°	92°30'	13°30'
größter Umfang	83°	85°56'	2°56'
5 cm dist.	82°	84°40'	2°40'
li			
6 cm prox.	81°	92°12'	11°12'
2 cm prox.	82°	84°54'	2°54'
größter Umfang	90°	92°04'	2°04'
4 cm dist.	81°	83°08'	2°08'
5. 32 j.			
re			
6 cm prox.	127°	133°36'	6°36'
größter Umfang	91°	94°34'	3°34'
2 cm dist.	96°	98°54'	2°54'
li			
6 cm prox.	105°	126°46'	21°46'
größter Umfang	80°	82°28'	2°28'
6. 61 j.			
3 cm prox.	77°	79°26'	2°26'
größter Umfang	82°	85°48'	3°48'
7. 38 j.			
re			
größter Umfang	100°	103°18'	3°18'
6 cm dist.	97°	100°12'	3°12'
li			
2 cm prox.	86°	89°00'	3°00'
größter Umfang	92°30'	95°34'	3°04'

	Winkel nach Injekt.	berechneter Winkel	Differenz
<i>8. 36 j.</i>			
re			
4 cm prox.	103°	105°40'	2°40'
größter Umfang	97°	102°00'	5°00'
3 cm dist.	96°	100°18'	4°18'
<i>9. 48 j.</i>			
re			
4 cm prox.	85°	89°16'	4°16'
größter Umfang	91°	93°28'	2°28'
3 cm dist.	93°	96°48'	3°48'
li			
4 cm prox.	92°	95°32'	3°32'
größter Umfang	86°	89°36'	3°36'
3 cm dist.	89°	93°48'	4°48'
<i>10. 33 j.</i>			
re			
4 cm prox.	96°	99°30'	3°30'
größter Umfang	95°	99°12'	4°12'
3 cm dist.	88°	90°24'	2°24'
li			
4 cm prox.	97°	100°41'	3°41'
größter Umfang	94°	98°36'	4°36'
3 cm dist.	94°	96°18'	2°18'
<i>67 j. Oberarm re</i>			
5 cm prox.	73°	75°12'	2°12'
größter Umfang	91°	93°24'	2°24'
5 cm dist.	97°	100°46'	3°46'

Das auffällig regelmäßige Übereinstimmen der im Experiment gefundenen und der mit unserer Formel errechneten Winkel – mit einer konstanten Differenz von ca. 2–4°, die sich durch das vermehrte Volumen erklären läßt – an den Stellen nahe dem größten Unterschenkelumfange einerseits, das starke Abweichen der experimentell eruierten von den mathematisch errechneten Winkelwerten an den vom Umfangsmaximum entfernten Stellen andererseits scheint uns deutlich dafür zu sprechen, daß wir mit dem oben geschilderten Gedankengang bei unserer Versuchsanordnung nicht fehlgegangen sind.

5. Zusammenfassung.

1. An 50 männlichen und 35 weiblichen, sportlich trainierten Individuen von 18–34 Jahren wurde die Umfangszunahme des

Unterschenkels beim Übergang vom normalen Sohlenstand zum Zehenstand gemessen. Die Messungen wurden ca. 5 cm proximal und ca. 7 cm distal vom größten Wadenumfang vorgenommen, da sich diese Meßstellen als die Orte der größten Umfangsveränderungen des Muskels beim Übergang von der normalen Fußhaltung zum Zehenstand erwiesen. Die Umfangszunahme beträgt bei beiden Geschlechtern durchschnittlich rund 0,6 cm bei einem Maximalwert von 1,5 cm bei den Männern und 1,9 cm bei den Frauen. Diese Umfangsvermehrung setzt eine Nachgiebigkeit der oberflächlichen Wadenfascie voraus.

2. Die Fascien der Wade und des Oberarms zeigen eine Scherengitterstruktur, wobei die Werte der nach proximal und distal offenen Winkel meistens zwischen 70° und 85° , nur ganz selten über 90° liegen.

3. Die beiden sich kreuzenden Schichten der oberflächlichen Wadenfascie enthalten sozusagen kein elastisches Material und bestehen ausschließlich aus derben kollagenen Faserbündeln. Ansehnliche elastische Fasernetze finden sich lediglich in dem zwischen den beiden Fascienlagen liegenden lockeren Bindegewebe, sowie in der locker gebauten, bindegewebigen Grenzschicht zur Subcutis und zur umfaßten Muskulatur (Perimysium).

Diese Anordnung ermöglicht einerseits eine Verschieblichkeit der beiden Fascienlagen gegeneinander, sowie andererseits eine Verschieblichkeit der Fascie gegenüber der Subcutis und der Muskulatur. Die Fähigkeit des Fascienschlauches, den ziemlich beträchtlichen örtlichen Umfangsveränderungen der umfaßten Muskelmassen nachzugeben, wird durch diesen geweblichen Aufbau der Fascie nicht erklärt, muß also auf der Möglichkeit struktureller Umlagerung beruhen.

4. Die Scherengitterstruktur der Fascien ist eine funktionelle Struktur. Sie bildet die Voraussetzung für die Nachgiebigkeit der Fascien gegenüber Umfangsvermehrungen der Muskeln am Oberarm und am Unterschenkel.

5. Bei experimenteller Verdickung der umfaßten Muskeln tritt eine Zunahme der von den Fascienfasern gebildeten, nach proximal und distal offenen Winkel um $5-13^{\circ}$ ein. Diese Winkelveränderungen sind am größten an den Stellen größter Volumensveränderung.

6. Die Winkelveränderungen des Scherengitters bei den Umfangsveränderungen können, unter Voraussetzung der Volumenskonstanz der umhüllten Muskelmassen, berechnet werden.

Summary.

1. The increase of circumference of the leg, produced by changing from the normal standing position on the sole of the foot to a position with the weight carried entirely on the toes, was measured in 50 male and 35 female physically trained individuals. The measurements were taken 5 cm. proximal and 7 cm. distal to the greatest circumference of the leg as these parts are found to exhibit the greatest alterations when the normal position is changed to the tip toe position. The increase of circumference is in both sexes about 0.6 cm., the maximum being 1.5 cm. in male and 1.9 in female. This enlargement points to a yielding of the superficial fascia.

2. The fasciae of the leg and of the upper arm show a lattice-like structure, the proximal and distal angles of intersection of the fibres being between 70° and 85° and seldom above 90° .

3. The two superficial layers of the fascia of the leg cross one another and possess no elastic tissue. They consist entirely of tough collagenous bundles. There is a strong elastic network of fibres in the loose areolar tissue between the two layers of fascia and in the layers of loose areolar tissue which are adjacent to the dermis and to the surface of the muscles (perimysium). This arrangement enables the two layers of fascia to move in relation to each other and it also enables the fascia to move in relation to the dermis and the muscles. The capacity of the fascial tube for yielding during pronounced local alterations of the circumference of the muscles cannot be explained by its structure, but must depend on the occurrence of structural dislocations.

4. The lattice-like pattern of the fasciae is a functional structure. It provides the explanation of the yielding of the fasciae in the upper arm and of the leg when there is an increase of circumference of the muscles.

5. By experimental increase of the circumference of the muscles an increase of the proximal and distal angles between the fascial sheets of $5-13^{\circ}$ can be produced. This change in the angle is most marked at the areas of greatest change of circumference.

6. The change in the angles of the lattice-work during increase of circumference can be calculated in expressing the circumference of the muscle - masses in terms of a constant value.

Résumé.

1. L'auteur a étudié l'augmentation de volume de la jambe quand un sujet quittant sa position normale, se met sur la pointe des pieds. Les examens ont porté sur 50 hommes et 35 femmes, tous entraînés aux sports. Les mensurations ont été effectuées à deux niveaux différents de la jambe, où les variations sont les plus grandes, c'est-à-dire à 5 cm proximale et à 7 cm distale de la plus grande circonférence du mollet. Chez les deux sexes, l'augmentation de la circonférence est en moyenne de 0,6 cm, avec un maximum de 1,5 cm chez les hommes et de 1,9 cm chez les femmes. Elle s'opère vraisemblablement grâce à un relâchement du fascia superficiel du mollet.

2. Les fascias du mollet et du bras présentent une *disposition grillagée*; les angles ouverts du côté du genou (resp. de l'épaule) et ceux ouverts du côté du pied (resp. du coude) mesurent 70° et 85° ; ils sont exceptionnellement au-dessus de 90° .

3. Les deux couches superficielles du fascia du mollet qui se croisent ne renferment pour ainsi dire aucune formation élastique; elles se composent essentiellement de grosses fibres collagènes groupées en faisceaux. Des grillages élastiques importants ne se rencontrent qu'au niveau du tissu conjonctif lâche séparant les deux couches ainsi que dans la couche conjonctive limitante, du côté de la peau d'une part, de la musculature d'autre part (perimysium). Cette disposition permet aussi bien un déplacement des deux couches de fascia, l'une par rapport à l'autre qu'un déplacement par rapport à la peau (tissu sous-cutané) et à la musculature. Cette structure histologique du fascia n'explique pourtant pas que cette formation puisse se relâcher parallèlement à l'augmentation assez considérable du volume des muscles qu'elle entoure; il faut faire intervenir ici la possibilité d'un remaniement structural.

4. La disposition grillagée des fascias est une structure fonctionnelle. Elle représente la condition nécessaire à tout relâchement du fascia lorsque les muscles du bras et de la jambe augmentent de volume.

5. Lorsque l'on produit expérimentalement un épaississement musculaire, on constate une augmentation des angles décrits ci-dessus, formés par les fibres du fascia, variant entre 5° et 13° . L'augmentation la plus forte se rencontre aux points les plus épais du muscle.

6. Les variations des angles du grillage qui interviennent, lorsque le muscle s'épaissit, peuvent être calculées, à la condition que la masse musculaire conserve le même volume.

LITERATUR

- Bauhin, C.*: Theatrum anatomicum, p. 23, 38, Basileae, 1621. – *Benninghoff, A.*: Verh. anat. Ges. 40. Vers. in Breslau 1931, Erg. H. Anat. Anz. 72, 95 1931. – *Benninghoff, A.*: Lehrbuch der Anatomie des Menschen, 2. verb. Aufl., München/Berlin 1942. – *Bichat, X.*: Traité d'Anatomie descriptive, T. 2, p. 229, 308, 332, Paris 1800 und 1823. – *Braus, H.*: Anatomie des Menschen, 2. Aufl., Berlin 1929. – *Chiarugi, G.*: Istituzioni di Anatomia dell'uomo, vol. sec., quarta ed., Milano 1936. – *Cloquet, J.*: Manuel d'Anatomie descriptive, p. 131, Paris 1825. – *Cruveilhier, J.*: Traité d'Anatomie descriptive, p. 40, 2. Ausg., Paris 1843. – *Feneis, H.*: Gegenbauers morphol. Jb., 76, 163, 180 ff., 1933. – *Feneis, H.*: Über die Anordnung und Bedeutung des Bindegewebes f. die Mechanik d. Skelettmuskulatur, Beitr. Anat. funktioneller Systeme, Bd. 2, 1935. – *Fick, R.*: Anat. Anz. 5, 645 ff. 1890. – *Gegenbauer, C.*: Lehrbuch der Anatomie des Menschen, 8. Ausg., Leipzig 1909. – *Gray, H.*: Grays Anatomy, Descriptive and Applied, 27th ed., London, New-York, Toronto 1938. – *Häggqvist, G.*: in v. Möllendorffs Handb. d. mikr. Anat. d. Menschen, Bd. 2, 3. Teil, p. 200, Berlin, 1931. – *Heinemann*: Deutsche Zeitschr. f. Chirurgie, 111, 357, 1911. – *Henle, J.*: Handbuch der syst. Anatomie, Bd. 1, 3. Abt. Muskellehre, p. 11, 309 ff., Braunschweig 1858. – *Körner, F.*: Zeitschr. f. Anat. u. Entwicklungsgesch., 109, 609, 1939. – *Krüger, W.*: Verh. anat. Gesellsch. 40. Vers. in Breslau, Erg. H. Anat. Anz. 72, 159, 1931. – *Langenbeck, C. J. M.*: Handbuch der Anatomie, Göttingen 1831/47. – *Lexer, E. u. H. Baus*: Münch. med. Wochenschr. 57 I, 505, 1910. – *Lucca, E.*: Ricerche sperimentali sulla funzione e sulla rigenerazione delle fascie muscolari, in Chir. organi movim., 1926. – *Maximow, A.*: in v. Möllendorffs Handb. d. mikr. Anat. d. Menschen, Bd. 2, 1. Teil, p. 321, Berlin 1927. – *Meckel, Joh. Fr. d. J.*: Handbuch der menschlichen Anatomie. Bd. 1, p. 456 ff. 1815. – *Merkel, Fr.*: Handbuch der topographischen Anatomie, Bd. 3. – *Ostwald, W.*: Welt d. vernachlässigten Dimensionen, 1919. – *Pansch, Ad.*: Grundriß der Anatomie des Menschen, 2. Aufl., Berlin 1886. – *Pensa, A. e G. Favaro*: Trattato di Anatomia sistematica, Vol. 1, Torino 1933. – *Petersen, H.*: Med. Welt, 6, 658, 1932. – *Piersol, G. A.*: Human Anatomy, Philadelphia u. London 1907. – *Poirier, P. et A. Charpy*: Traité d'Anatomie humaine, tome deuxième, 2e éd., Paris 1901. – *Rauber, A. u. Fr. Kopsch*: Lehrbuch u. Atlas der Anatomie, 16. Aufl., Bd. 1, Leipzig 1940. – *Rouvière, H.*: Anatomie Humaine, T. 2, Paris 1924. – *Roux, W.*: Gesammelte Abhandlungen, Leipzig 1895. – *Sieglbauer, F.*: Lehrbuch der normalen Anatomie des Menschen, 4. Aufl., Berlin u. Wien 1940. – *v. Soemmering, S. Th.*: Vom Baue des menschlichen Körpers, Bd. 3, Abt. 1, p. 12, 291, 374, 381, umgearb. Ausg. 1841. – *Stieda, L. und A. Pansch*: Grundriß u. Anatomie des Menschen, 4. Aufl., Hannover 1900. – *Stöhr, Ph.*: Lehrbuch der Histologie, 23. Aufl., von *W. von Möllendorff*, p. 90, 175, Jena, 1933. – *Strasser, H.*: Lehrbuch der Muskel- und Gelenkmechanik, Bd. 3, Berlin 1917. – *Tandler, J.*: Lehrbuch der systematischen Anatomie, Bd. 1, p. 306 ff., 2. Aufl., Leipzig 1926. – *Testut, L.*: Traité d'Anatomie humaine, T. I, 7e éd., Paris 1921. – *Triepel, H.*: Trajektorielle Strukturen, Teil 3, 1908. – *Vesalius, A.*: De humani corporis fabrica, Basil. 1543. – *Voss, M.*: Morphol. Jb. 79, 209 ff., 1937. – *Winslow, J. B.*: Exposition anatomique de la structure du corps humain, Tome II, p. 7 ff., Amsterdam 1732. – *Ders.*: Abhandlung vom Bau und der Zergliederung des menschlichen Leibes, übersetzt von Albinus, Bd. 2, p. 8 ff., 2. Aufl. 1754.

Eingegangen 1. September 1946

